

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ШОСТАЧУК ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ

УДК 655.326.1+655.3.062

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДРУКАРСЬКОГО
АПАРАТУ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ АРКУШЕВИХ МАШИН**

Спеціальність 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі машин та агрегатів поліграфічного виробництва Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України
Киричок Петро Олексійович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
директор Видавничо-поліграфічного інституту.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Регей Іван Іванович,
Українська академія друкарства,
завідувач кафедри комп'ютеризованих комплексів
поліграфічного і пакувального виробництва;

доктор технічних наук, професор,
Луців Ігор Володимирович,
Тернопільський державний технічний університет
імені Івана Пулюя,
кафедра конструювання верстатів, інструментів та
машин.

Захист відбудеться 12 травня 2021 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.10 в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, вул. Янгеля 1/37, корпус № 8, ауд. 64

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці ім. Г. І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37.

Автореферат розіслано 09 квітня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.002.10



Т. Є. Клименко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Основне завдання будь-якого друкарського процесу – отримання відбитка, що відповідає основним вимогам якості зображення, а також є максимально наближеним до відтворюваного оригіналу. Нині флексографічний друк найчастіше використовують під час виробництва паковань, етикеток, газет.

Тема дослідження зумовлена потребою у підвищенні якості виконання пакування з заготовок гофрованого картону, відсутністю рекомендацій щодо технологій та необхідного обладнання, а також значних проблем при нанесенні суцільних друкованих елементів на його поверхні.

Наявність великої кількості задруковуваних типів поверхонь і друкарських фарб досі не дозволила розробити єдині стандарти та вимоги до процесів флексографічного аркушевого друку. Нині флексографічний друк усе ж поступається іншим видам друку за якісними характеристиками відбитків. Серед основних недоліків варто відзначити: обмежену розподільчу здатність і графічну точність друку, високий приріст фарбового тону, проблеми закріплення фарби на відбитку, нерівномірність фарбового шару, особливо при задруковуванні суцільних елементів.

Проаналізувавши теоретичні напрацювання технологічного процесу друку на аркушевих флексографічних машинах, визначено фактори, що впливають на процес друку та на якість віддрукованої продукції. Проведено аналіз взаємозв'язку між властивостями компонентів технологічного процесу та якістю проходження самого друку, упродовж якого можуть виникати різноманітні дефекти. Наявні джерела та наукові праці щодо проблем якісного друкування на заготовках гофрованого картону, дозволили встановити, що, залежно від особливостей технологічного процесу флексографічного способу друку, величина тиску під час друку має значний діапазон. Це явище зумовлене властивостями великої номенклатури типів гофрованого картону та флексографічних друкарських форм.

Досліджуючи процес транспортування заготовок гофрованого картону в флексографічній друкарській машині було визначено, що якість нанесення шару фарби продукції суттєво залежить від позиціонування відносно направляючих та елементів самого друкарського апарату, однак, рекомендацій щодо поліпшення наразі немає.

Отже, актуальною проблемою є розробка технологічного процесу та удосконалення друкарського апарату, оптимізація технологічних параметрів, визначення параметрів витратних матеріалів з метою покращення показників якості і експлуатаційних властивостей задрукованої продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Дослідження проводились у КПІ ім. І. Сікорського на кафедрі машин та агрегатів поліграфічного виробництва Видавничо-поліграфічного інституту, за господарськими договорами №157/21 від 14.11.2013 «Дослідження ринку гофрованого картону в Україні та обладнання для задруковування заготовок з гофрованого картону» (пошукачем проаналізовано витратні матеріали та технології задруковування гофрованого картону, обладнання та розроблено технічні рекомендації щодо подальшого впровадження у виробництво), №41/12 від 05.05.2014 «Розробка програмного продукту для автоматизованого розрахунку жорсткості друкарського апарату флексографічних аркушевих машин» (пошукачем досліджено

прогини друкарського та формного циліндрів, на основі отриманих даних створено алгоритм та програмне забезпечення для автоматизованого розрахунку самих прогинів), №17/9 від 01.09.2020 «Розробка пакування для м'ясної продукції та технології її задруковування» (пошукачем розроблено спеціальне пакування для м'ясної продукції короткого терміну зберігання та запропонована технологія для його задруковування) та №2212-п від 22.11.2020 «Теоретичні та практичні засади забезпечення якості металографічного друку» (пошукачем проаналізовано прогини формного та друкарського циліндрів металографічного друку).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення технологічного забезпечення експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічних аркушевих машин та якості задрукованої флексографічної продукції.

Для досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено такі завдання:

- провести аналітичний огляд проблем забезпечення якості аркушевої продукції, отриманої флексографічним друком, виявити причини технічного і технологічного характеру, що погіршують показники якості задрукованої флексографічної продукції, та запропонувати шляхи їх поліпшення;
- проаналізувати сучасний стан і розробити класифікацію друкарських апаратів флексографічних аркушевих машин;
- розробити методику теоретико-експериментальних досліджень з урахуванням параметрів якості флексографічних форм і їх впливу на якість процесу друкування;
- встановити аналітичні залежності між технічними показниками друкарського апарату флексографічної аркушевої машини та якістю задрукованої продукції;
- запропонувати конструкторсько-технологічні вдосконалення друкарського апарату флексографічних аркушевих машин;
- дослідити вплив технологічних особливостей гофрованого картону та флексографічних форм на якість перебігу процесу друкування на флексографічних аркушевих машинах та, у підсумку, на якість задрукованої продукції;
- розробити засоби автоматизованого розрахунку прогинів друкарського та формного циліндрів на флексографічних аркушевих машинах;
- розробити алгоритм керування технологією флексографічного друку з урахуванням удосконаленого флексографічного друкарського апарату та запропонувати відповідні програмні засоби для оперативного моніторингу складників процесу;
- провести апробацію результатів досліджень і визначити застосування розробленого технологічного забезпечення в реальних виробничих умовах;
- дати науково-обґрунтовані рекомендації щодо реалізації технологічного процесу флексографічного аркушевого друку, а також методів підвищення якості відбитків на поліграфічному виробництві.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси флексографічного друку на аркушевому обладнанні та експлуатаційні властивості друкарського апарату флексографічних аркушевих машин.

Предметом дослідження є технологічні режими, параметри якості й експлуатаційні властивості задрукованої продукції, друкарського апарату і флексографічних аркушевих машин у цілому.

Методи дослідження. Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися з використанням методів теорії вимірювань, системного аналізу та математичного моделювання. Для обробки експериментальних даних застосовувалися методи математичної статистики та теорії імовірності, а також програмний комплекс Microsoft Excel. Для аналітичних розрахунків типу синусоїди та візуалізації результатів використано об'єктно-орієнтовану мову програмування C Sharp.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертації отримані такі наукові результати:

уперше

- встановлено аналітичні залежності між технічними показниками, режимами та параметрами вдосконаленого друкарського апарату флексографічної аркушевої машини та якістю виготовлення кінцевої продукції;
- встановлено взаємозв'язок якості друкованої продукції та параметрів витратних матеріалів, технологічних режимів та технічних характеристик друкарського апарату, що дозволило розробити схему обґрунтованого вибору витратних матеріалів залежно від типу друкованої продукції;
- встановлено взаємозв'язок між характеристиками друкарського апарату, типовими явищами під час друку та їх наслідками (результати друку і змін технічного стану), що дозволило систематизувати фактори впливу складників конструкції друкарського апарату на якість продукції;
- встановлено аналітичну залежність між питомим навантаженням при друці, фізико-механічними та конструктивними параметрами циліндра, що дає змогу визначити аналітично та цілеспрямовано регулювати прогин геометричної осі циліндра;
- розроблено поетапну схему деформації гофрованого картону та флексоформ залежно від тиску, що дозволяє визначити максимальні величини тиску для різних типів гофрованого картону та флексографічних форм, що дозволило на основі удосконаленої класифікації гофрованого картону залежно від його конструкції, з урахуванням отриманих експериментальних результатів щодо здатність гофрованого картону до стискання, розробити рекомендації щодо вибору витратних матеріалів для флексографічного обладнання залежно від типу кінцевої продукції, що скорочує час на налагодження та отримання якісного відбитка.

удосконалено

- структурну схему флексографічних аркушевих друкарських машин, що в комплексі з вперше розробленою класифікацією друкарських апаратів флексографічних аркушевих машин з урахуванням технологічних параметрів дозволяє виявляти загальні ознаки, що можуть бути використані під час конструювання нових апаратів, а також під час аналізу та дослідження наявних;

дістала подальшого розвитку

- система техніко-експлуатаційних показників якості поліграфічного обладнання, що дозволило виокремити вимоги до жорсткості конструкції

друкарського апарату як одні з визначальних для забезпечення якості друкованої продукції.

Практичне значення отриманих результатів.

- для підвищення надійності флексографічних аркушевих машин запропоновано технічні рішення, що пов'язані з реалізацією комплексу технічних і технологічних заходів, для забезпечення високих вимог експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічних аркушевих машин і показників надійності в цілому;
- розроблено технологічні інструкції щодо експлуатації флексографічного аркушевого друкарського обладнання, які забезпечують підвищення продуктивності 20–40%, а також покращують суміщення фарб, рівномірність фарбового шару, стабільність самого процесу;
- розроблено рекомендації щодо усунення поширених причин виникнення різноманітних дефектів під час друку на флексографічному аркушевому обладнанні, що зменшує час налагодження обладнання, а також виявлення недоліків друку на початкових етапах; отримані результати оформлено у вигляді техніко-експлуатаційних рекомендацій для підприємств, що займаються флексографічним друком;
- розроблено поетапна схема деформації гофрованого картону та флексоформ залежно від тиску, що дозволяє визначити максимальні величини тиску для різних типів гофрованого картону та флексографічних форм;
- розроблено систему автоматизованого комплексного розрахунку на основі об'єктно-орієнтованої мови програмування C Sharp, що дозволяє за визначеними вхідними параметрами (тип гофрованого картону, тип флексографічної форми, фізико-механічні властивості матеріалів, геометричні параметри формного та друкарського циліндрів, ширина друку, тиск у друкарському контакті) аналітично розраховувати та цілеспрямовано корегувати прогини циліндрів та регулярний мікрорельєф плоских направляючих і конусних поверхонь механізмів тиску;
- матеріали досліджень використовуються в навчальному процесі під час викладання дисциплін: «Обладнання виробничо-поліграфічних виробництв», «Друкарське обладнання», «Конструювання і розрахунок друкарського обладнання».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційного дослідження отримано автором особисто. Наукові праці [1-3], [5-14] написано автором одноосібно. У роботі [4] автор провів аналіз експлуатаційних властивостей друкарського апарату, впливом фізико-механічних характеристик гофрованого картону на процес друку. Основні ідеї та теоретико-експериментальні дослідження, які виносяться на захист розроблені і отримані автором особисто. У праці, яка опубліковані в співавторстві, здобувач описав основні ідеї проведених досліджень, їх реалізацію та наукове обґрунтування.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи оприлюднені автором у доповідях і повідомленнях на міжнародних і всеукраїнських наукових, науково-практичних конференціях: XIII, XIV, XVI, XVII, XIX Міжнародна науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Друкарство молоде» (м. Київ, 2013 р., 2014 р., 2016., 2017 р., 2019 р.);

XXV, XXVI, XXVIII Міжнародна науково-практична конференція з проблем видавничо-поліграфічної галузі (м. Київ, 2017 р., 2018 р., 2019 р.) та на наукових семінарах кафедр машин та агрегатів поліграфічного виробництва та технології і техніки друкарства.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 14 наукових праць, у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях (з яких 2 праці у виданнях країн, що входять до складу ЄС, 1 стаття у виданні категорії А та 3 у виданнях категорії Б), 8 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій, які широко висвітлюють результати роботи, що виноситься на захист.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку науково-технічних джерел та додатків. Обсяг рукопису 143 сторінка, містить 54 рисунка, 14 таблиць, 5 додатків. Список науково-технічних джерел нараховує 142 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної тематики, її зв'язок із науковими програмами, визначено мету та задачі дослідження. Вказано та розкрито предмет, об'єкт і межі дослідження, висвітлено методи, використані у процесі роботи. Також розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано відомості про апробацію, публікації, структуру й обсяг роботи. У першому розділі було проаналізовано й узагальнено теоретичні напрацювання технологічного процесу друку на аркушевих флексографічних машинах. Визначено фактори, що впливають на процес друку та на якість віддрукованої продукції. Був проведений аналіз взаємозв'язку між властивостями та параметрами компонентів технологічного процесу та якістю проходження самого процесу друку, упродовж якого можуть виникати дефекти.

Огляд джерел, наукових праць і визначення проблем якісного друкування на заготовках гофрованого картону (залежно від особливостей технологічного процесу флексографічного способу друку) дозволили встановити, що:

- величина тиску під час друку має значний діапазон, зумовлений властивостями великої номенклатури типів гофрованого картону та флексографічних друкарських форм.

Так тиск під час друку визначається значеннями $0,1 \dots 0,5$ МПа, а параметри технологічного процесу визначаються такими значеннями:

- тиск під час друку (для флексоформ *Cyrel*, *Flexlight*): $0,05 \dots 0,8$ МПа;
- мінімально допустимі навантаження деформації стиску форми: $0,02 \dots 0,1$ мм; характер навантажень – циклічний.

Проаналізувавши процес контакту у друкарській парі, його розподіляємо на два етапи. Між собою вони відрізняються величиною деформації та напружень, які витримують поверхні, що контактують: форма → фарба → матеріал, що задруковується. Перший етап починається з моменту контакту форми та матеріалу, другий – з моменту початку розділення фарбового шару. Характер зміни навантажень в залежності від типу гофрованого картону (жорсткий, середній, м'який) у часі представлено на рис. 1. Графік показує, що час значного перепаду напруг становить доли секунди друкарського контакту ($0,0146$ с).

За результатами проведених досліджень встановлено взаємозв'язок якості друкованої продукції від параметрів витратних матеріалів, технологічних режимів та технічних характеристик друкарського апарату. На основі отриманих даних запропоновано схему вибору витратних матеріалів в залежності від типу друкованої продукції, що представлена на рис.1.

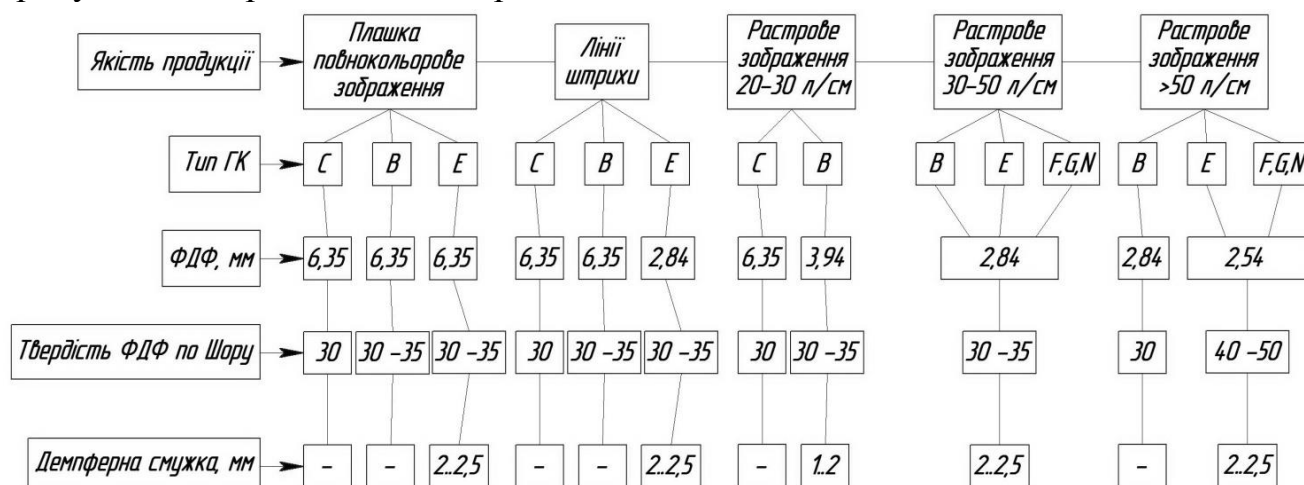


Рис.1. Схема вибору витратних матеріалів в залежності від типу друкованої продукції

У другому розділі проаналізовано і представлено друкарське обладнання, його специфіка та особливості. Аркушеві машини для друку на гофрованому картоні представлені такими світовими виробниками: «BOBST» (Швейцарія), «SIMON» (Англія), «MARTIN» (Франція), «EMBA» (Швеція), «КВА» (Німеччина), «Київполіграфмаш» (Україна, Київ), «Машграф» (Україна, Київ), «Гофропаш» (Україна, Харків), та ін.

Обладнання для друку на гофрованому картоні класифікуємо за технологічними можливостями. Перший тип – це машини суто для флексографічного способу друку. Вони можуть бути від одно- до чотирьох фарбовими та більше. Другий тип – це лінії, побудовані за системою «on-line». У них поєднуються обладнання для друку, висікання, розкрій заготовки, фальцювальні-склеювальні лінії для складання заготовки в коробки (ящики) і з'єднання їх клапанів.

Багатофарбові машини для друкування на аркушах гофрованого картону та лінії для виготовлення тари та упаковки з гофрованого картону мають лінійну побудову, яку створюють технологічні модулі (секції). Друкарські апарати розділені й утворюють горизонтальний агрегат з послідовним розміщенням секцій. Машини такого типу можуть виготовлятися з будь – якою кількістю друкарських секцій, а також додатково містити секцію висічки чи іншого технологічного процесу.

На рис. 2 представлена удосконалена структурна схема флексодрукарських аркушевих машин для задруковування гофрованого картону, до основних складових частин яких входять:

- самонаклад або при ручній подачі – накладний стіл;
- пристрій подачі заготовок в друкарський апарат, який має валики подачі і упори передньої кромки аркуша;

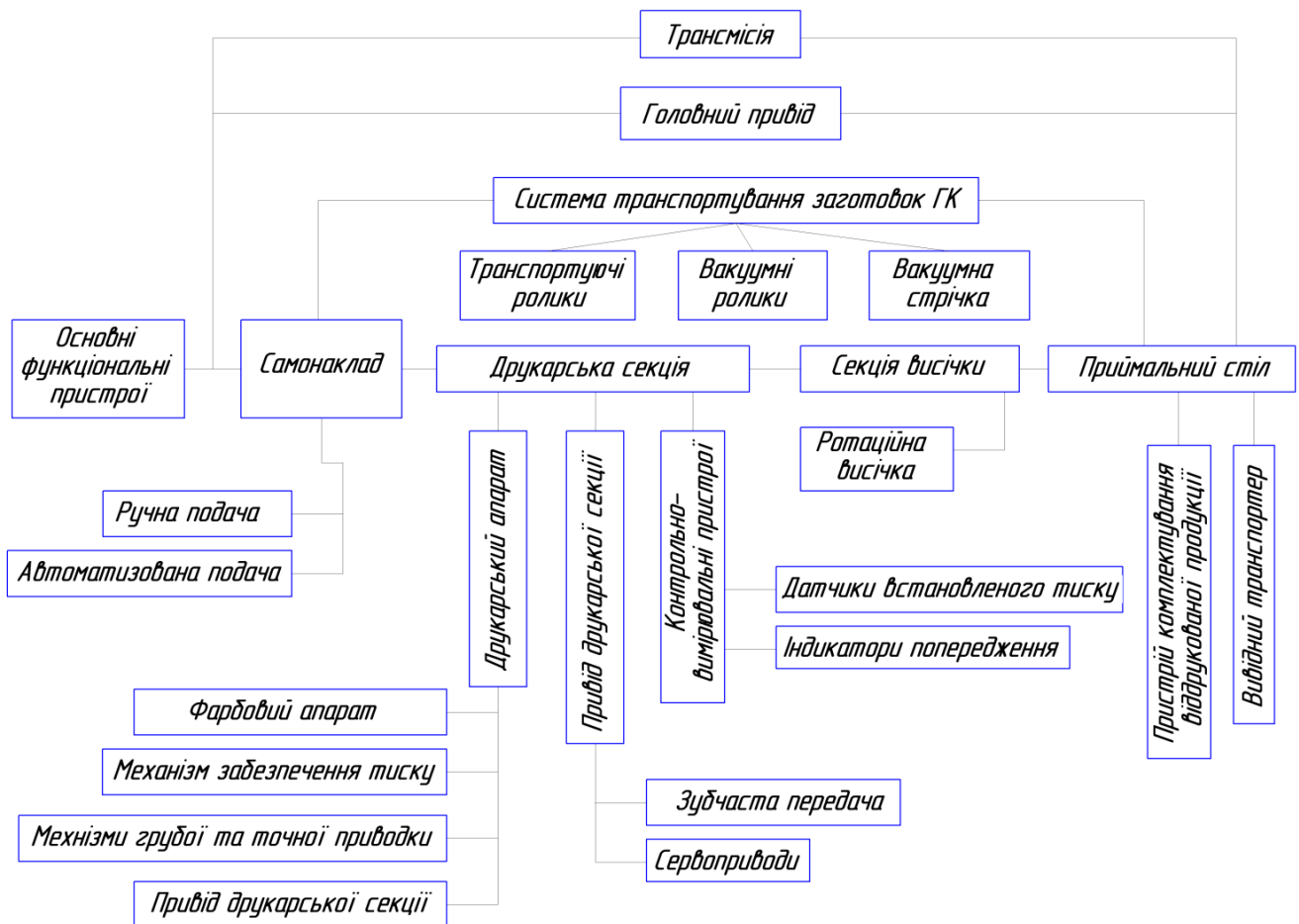


Рис.2. Удосконалена структурна схема флексографічних аркушевих друкарських машин

- друкарський апарат, який містить формний та друкарський циліндри, фарбову систему;
- механізм включення тиску;
- система транспортування заготовки;
- привід виконавчих механізмів і вузлів;
- система створення вакууму та стисненого повітря, що необхідні для ряду технологічних процесів.

Було вибрано методику для подальшого аналізу конструкцій аркушевого флексографічного обладнання. Спроектвані та виготовлені стенди для проведення теоретико-експериментальних досліджень, що дозволили достовірно визначити вплив технічних і технологічних параметрів на якість кінцевої продукції.

У третьому розділі розглянуто техніко-експлуатаційні показники якості, систематизовано їх за основними групами критеріїв якості: придатність поліграфічного обладнання для його ефективного використання, визначення його технічного стану, ефективної експлуатації при затвердженій системі технічного обслуговування і ремонтів (ТО і Р). На рис. 3 наведено розроблену систему техніко-експлуатаційних показників якості. Серед виокремлених підкритеріїв показників першої групи – функціональні параметри деталей, вузлів та регулювань. Вони визначаються насамперед вимогами до жорсткості конструкції друкарського апарату.

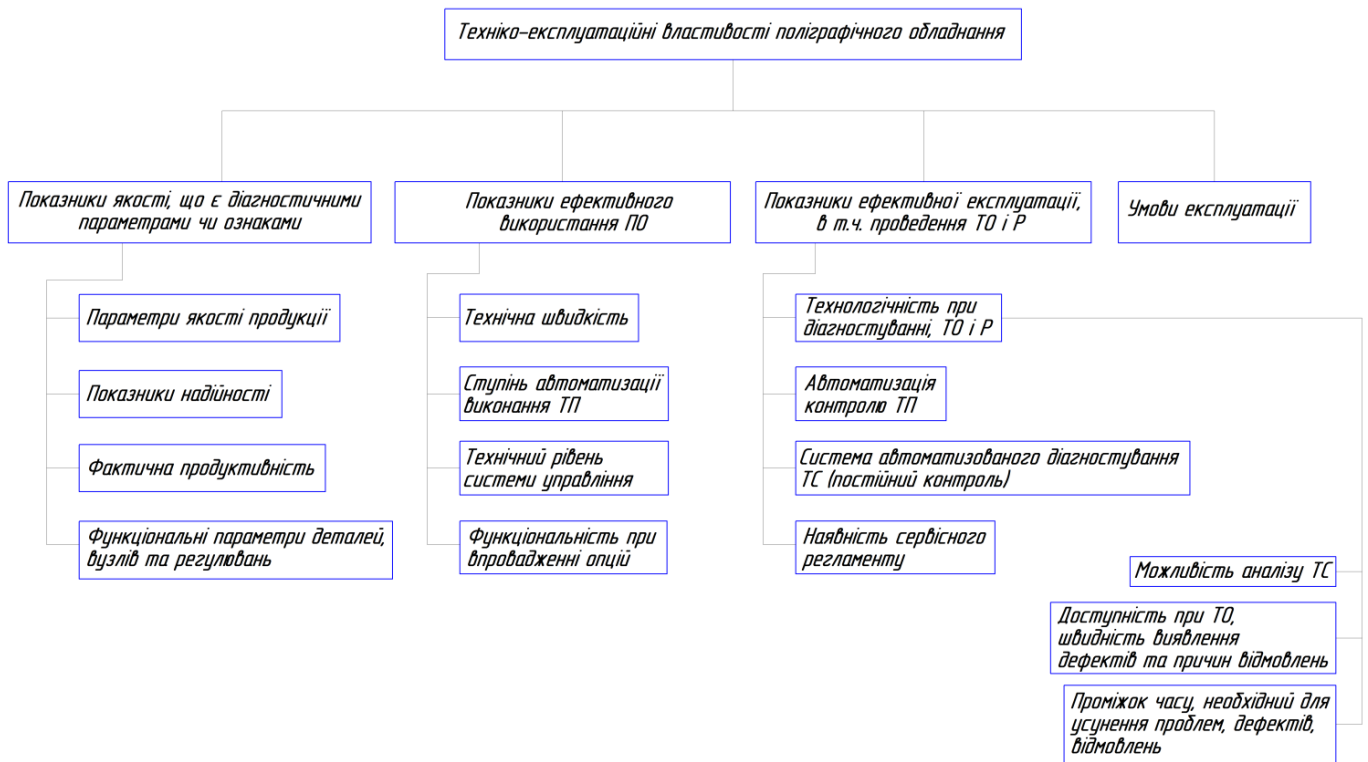


Рис.3. Система техніко-експлуатаційних властивостей поліграфічного обладнання.

До факторів, які суттєво впливають на жорсткість конструкцій (характер і ступінь пружних деформацій), відносять:

- модуль пружності матеріалу;
- геометричні характеристики перетину системи, що деформується;
- лінійні розміри системи, що деформується;
- вид навантаження та конструкція опор.

Дослідження показали, що недостатня жорсткість механічних систем призводить до порушення взаємодії їх механізмів. Це супроводжується порушенням умов нормального перебігу технологічних процесів та викликає зношування рухомих з'єднань.

Крім того проведено систематизацію факторів впливу функціональних характеристик та параметрів друкарського апарату на типові явища, що виникають в процесі друку.

Під дією тиску всі елементи друкарського апарату в друкарських машинах деформуються. Це зменшує деформацію форми для забезпечення необхідного технологічного тиску, а також приводить до перепаду тисків вздовж довжини відбитка. Крім того згинальна жорсткість валів також визначає правильні умови роботи зубчатих зчеплень, що пов'язано з забезпеченням їх точності в процесі роботи. Встановлено, що жорсткість друкарського апарату — важлива його характеристика, що впливає на значення припустимого зусилля друку, налагодження апарату до друку і на його якість. Для плоско-друкарських і ротаційних машин вона характеризується величиною:

- сумарного прогину його складових частини - циліндрів і їх цапф, підшипникових опор, стінок остову,

– крутних деформацій валів і циліндрів.

Аналізуючи фактори, що впливають на якість друку, було визначено, що жорсткість друкарського апарату одна з найважливіших характеристик. Прогин циліндрів призводить до необхідності збільшення тиску на еластичну флексодрукарську форму для забезпечення її робочої деформації. Це зумовлює погіршення якості друку: розтискування, розмитість контурів, деформації гофрованого картону. Прогин і кут повороту в опорах буде впливати на точність зубчатих зачеплень, що впливає їх інтенсивне зношення і полошення на відбитку. На рис. 4 представлено розрахункову схему навантажень в друкарському апараті лінії ДВЛ-1800 (де $\Phi Ц$ – формний циліндр; $ГК$ – гофрований картон; G_1 , G_2 – технологічний тиск при друці, g_ϕ , g_d – розподілене навантаження формного та друкарського циліндра, $M_{кр}$ – крутні моменти на шестернях приводу, z_8 – зубчасте колесо приводу).

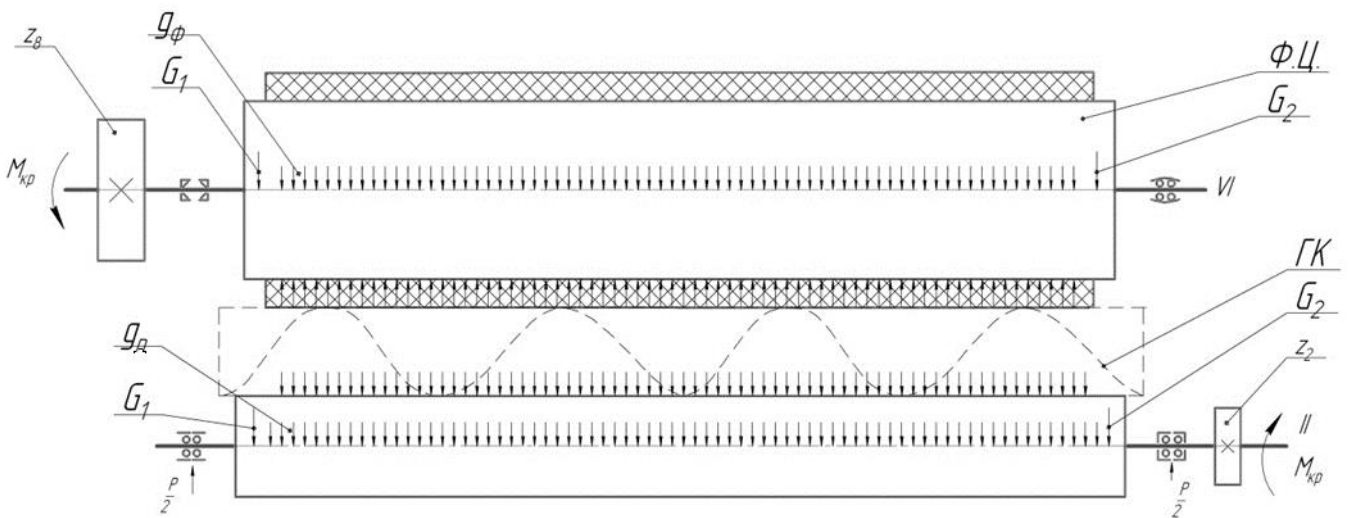


Рис.4. Розрахункова схема навантажень в друкарському апараті лінії ДВЛ-1800.

Для визначення прогину геометричної осі циліндра, нами була отримана така аналітична залежність, що дає змогу визначити прогини аналітичним способом:

$$f_o = \frac{pl_{\phi}^4}{384EI} \times \frac{5\psi^3 + 40\psi^2 + 96\psi + 64(n-1)}{\psi^3},$$

де p - питоме навантаження при друці, МПа;

l_{ϕ} - довжина циліндра, мм;

E - модуль пружності матеріалу, Н/мм²;

I - момент інерції циліндра, мм⁴;

Ψ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню відстані кріплення до повної довжини циліндра, мм;

n - кількість ламелей, встановлених вздовж усього циліндра.

На основі теоретико-експериментальних досліджень був створений автоматизований програмний комплекс для аналітичного розрахунку прогину формного та друкарського циліндрів (рис. 5), а отримані дані перевірені експериментально на удосконаленій друкарській флексографічній машині за допомогою комплексної тензометрії.

DCSC

Файл Про програму

Розрахунок прогину формного циліндру Розрахунок мікрорельєфу

Вихід

Матеріали

Тип картону:	В	
Тип флексоформи:	Текстова	
Марка сталі:	20	
Діаметри ц.	<input checked="" type="checkbox"/> Форм. ц.	<input checked="" type="checkbox"/> Друк. ц.
Внутрішній діаметр(см):	4.2	4.2
Зовнішній діаметр(см):	5.3	5.3
Числові п.		
Ширина друку, картону(мм):	1800	1800
Коефіцієнт n:	1	1
Коефіцієнт fi:	1	1
Коефіцієнт ерс:	5,5	5,5
Тиск(N/мм ²):	0.02	0.02
Провести розрахунки		

Формний циліндр (Довжина: 1800 мм; товщина кратноу: 2,4 мм)

Друкарський циліндр (Довжина: 1800 мм; товщина кратноу: 2,4 мм)

Рис.5. Програмний комплекс для аналітичного розрахунку прогинів формного і друкарського циліндрів друкарського апарату флексографічних аркушевих машин.

Також розглянуто типові дефекти, оскільки друк на гофрованому картоні має чимало особливостей, які зумовлені відповідністю вимог до якості і складовими технологічного процесу, а також конструкцією і технічним станом друкарського апарату. У флексографії актуальна концепція: машина – друкар – матеріал. Тому у флексодруці має місце значно більше дефектів, ніж в інших способах друку. Зараз проводяться роботи по стандартизації вимог до якості відбитку, можливих дефектів і причин їх виникнення. Для цього проводять тестування – друк на тестових формах в умовах виробничого процесу, який буде відповідати виготовленню конкретного тиражу.

На тестових формах розташовані спеціальні елементи. Виміряні за допомогою цих елементів дефекти і параметри друку розподіляють на три основні групи:

- дефекти додрукарської підготовки;
- дефекти внаслідок технічного рівня і технічного стану флексодрукарської машини;
- параметри для коригування передачі кольору.

В процесі дослідження встановлено, що результатами впливу схеми і характеристик друкарського апарату і явищ, які виникають, є якість друку і зміни технічного стану. Беручи до уваги всі данні, був розглянутий вплив на якість характеристик друкарського апарату. Між характеристиками, типовими явищами та їх наслідками (результати друку і змін технічного стану) існує взаємозв'язок, який був виявлений в процесі систематизації і представлений на рис.6.

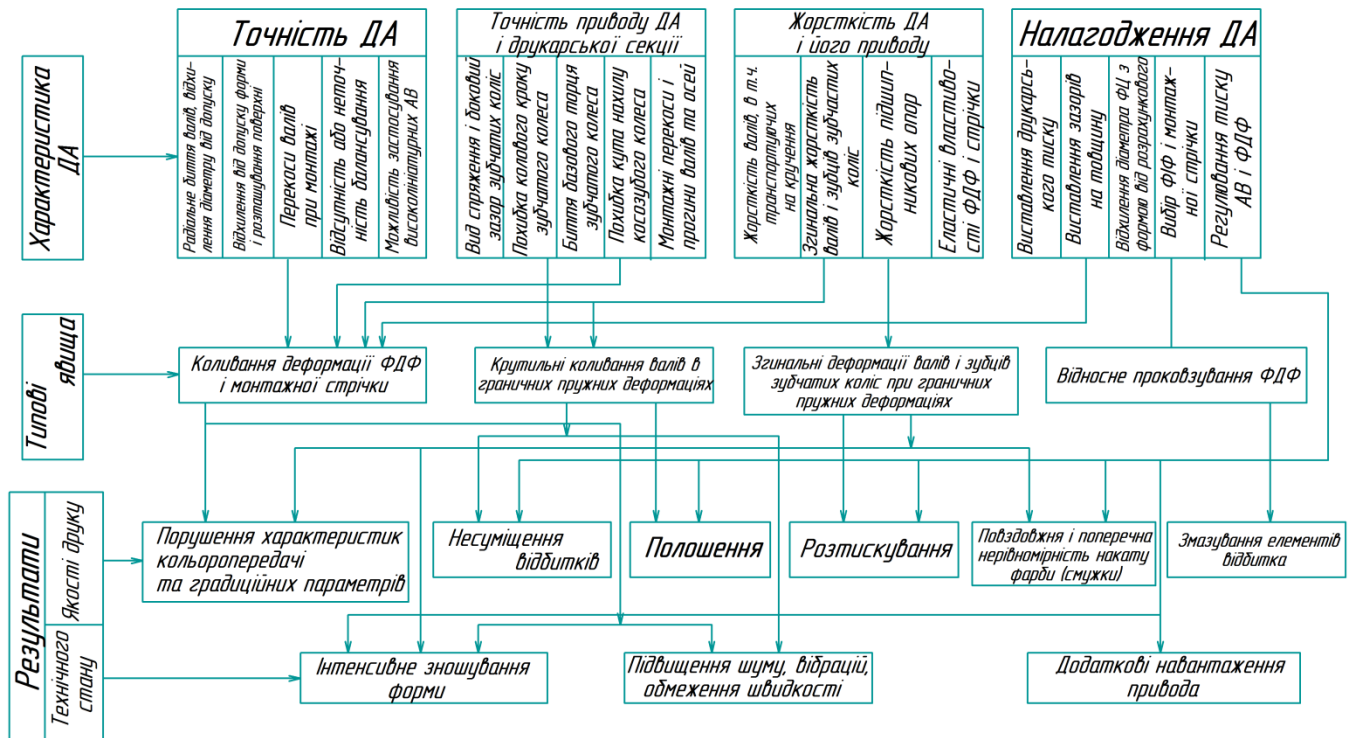


Рис.6. Систематизація факторів впливу складових конструкції друкарського апарату на якість продукції.

В четвертій частині було проведено експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей гофрованого картону та флексографічних друкарських форм в процесі друку на аркушевих флексографічних машинах.

Суть методу полягає у прикладенні руйнівного зусилля (P) при стиску, направлено перпендикулярно площині зразка (рис. 7).

При визначенні параметрів друкарського процесу необхідно знати величину деформації гофрованого картону, яка виникає при навантаженні. У зв'язку з тим, що ми можемо отримати лише руйнівне зусилля, було прийнято рішення про проведення перевірки за допомогою установки, що показана на рис. 7.

Схема проведення вимірювань повторює вимоги, необхідні для визначення зусиль при деформуванні. Опорна плита 1 встановлюється на масивну контрольну

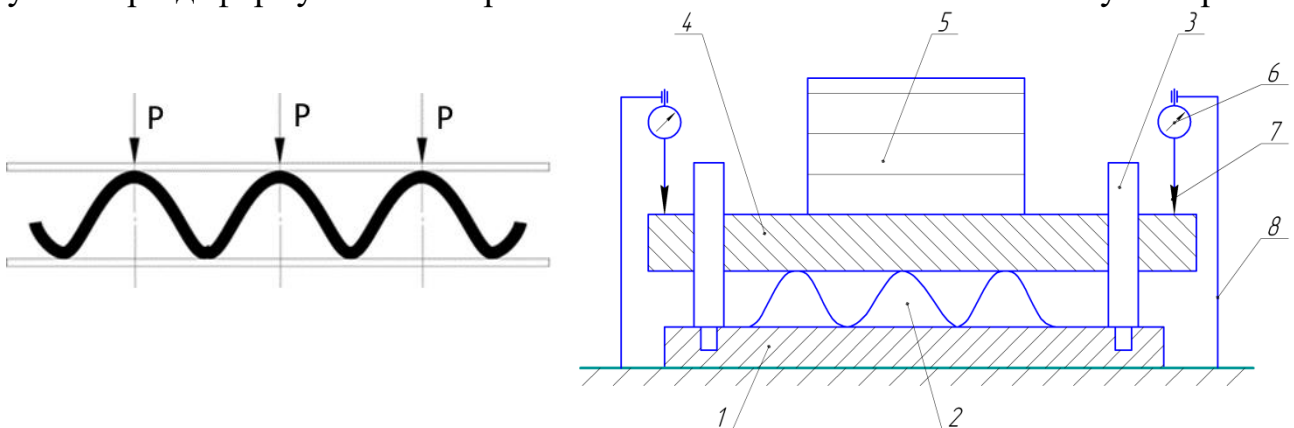


Рис.7. Схема навантаження та структура експериментальної установки
1- плита; 2 – гофрований картон; 3 – шток; 4 – верхня плита; 5- тягарі; 6 – індикатор часового типу; 7 – ніжка індикатора; 8 – важільна стійка.

плиту. У плиту 1 запресовані чотири напрямних штоки 3. Верхня плита 4 має класні отвори, завдяки яким може переміщатися по штоках.

Це забезпечить її стійкість при навантаженнях тягарцями 5. Зразок гофрованого картону встановлюється на плиту 1 нижнім лайнером. Верхня плита 4 повільно опускається і вручну плавно навантажується тягарцями 5 в умовах близьких до статичних. Для визначення деформації гофрованого картону застосовувалися індикатори часового типу з ціною поділки 0,01 мм та мікрометр з ціною поділки 0,01 мм. При встановленні індикатора у робоче положення між його ніжкою 7 та плитою створювався натяг за допомогою важільної стійки 8.

Для кожного зразка були складені таблиці значень: площа зразка, мм^2 ; величина тягарця, кг ; сила навантаження, N ; абсолютна деформація, мм ; відносна деформація, %.

Умови проведення експерименту дозволили проводити навантаження тягарцями сумарною масою до 100 кг , що дозволило отримати зусилля до 0,35 МПа та отримати відповідні залежності деформації гофрованого картону. При цьому похибка складала не більше 4%.

Проведені експерименти дають змогу отримати картину того, що відбувається під час друку на гофрованому картоні при застосуванні флексодрукарської аркушевої машини. Було отримано кількісну та якісну оцінку деформацій гофрованого картону та флексодрукарської форми при друці, визначено фактори, які впливають на їх фізико-механічні властивості при площинному стиску. В результаті досліджень виявлені кількісні показники, залежності значень деформацій від прикладених навантажень (рис. 8), а також умови, за яких можливе якісне перенесення інформації (зображень, тексту) на поверхню гофрованого картону.

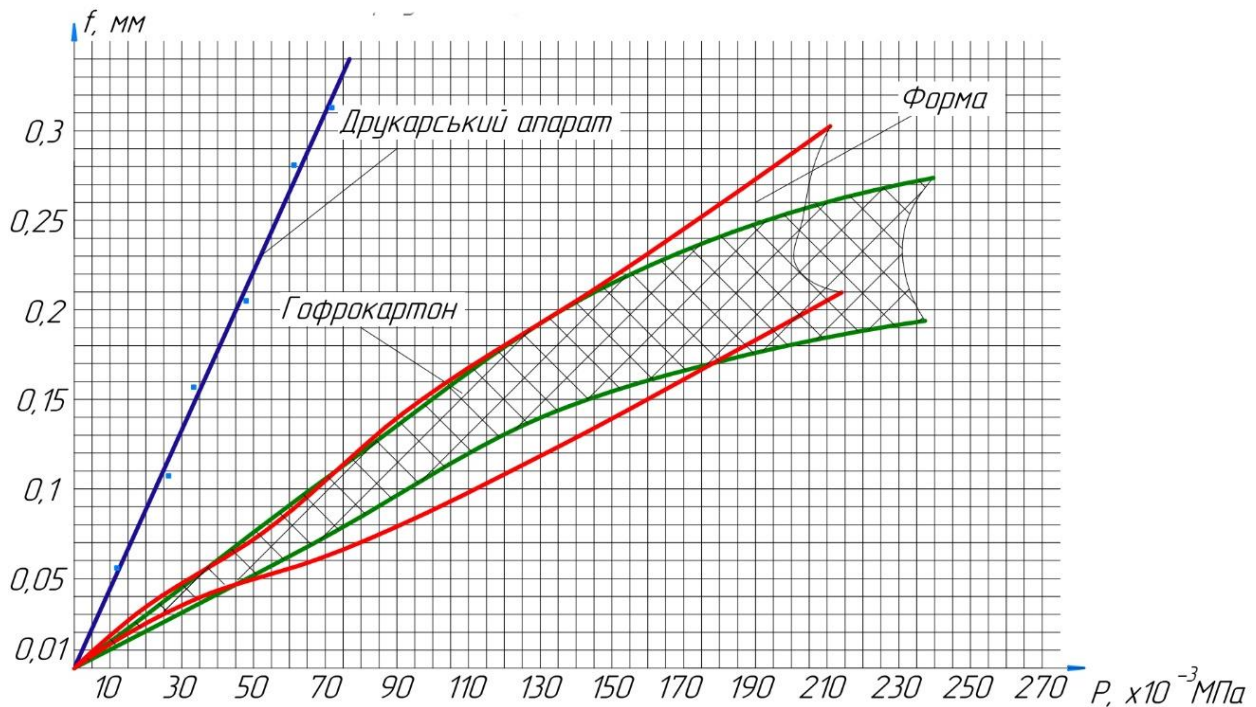


Рис.8. Взаємодія складових технологічного процесу у процесі друку на флексографічних аркушевих друкарських машинах.

Отримані дані можуть бути використані при проектуванні нових флексографічних аркушевих машин, а також при дослідженні існуючих.

При дослідженні проходження заготовок через транспортувальну систему було визначено, що досить великий вплив на плавність має поверхня направляючих.

Механізми вирівнювання разом із направляючими забезпечують стабільне прямокутне положення аркушів по відношенню до форми перед подачею їх у друкарську секцію. Це пов'язано з необхідністю точного співвідношення та сталості розмірів полів на відбитках, а також точного накладання фарб при друкуванні в кілька прогонів. Було проведено серію експериментів і запропоновано утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях транспортуючої системи аркушевої флексографічної машини методом поверхневого пластичного деформування. Це значно покращило плавність руху і позиціювання гофрокартону при його переміщенні по направляючим флексографічного обладнання. Як наслідок – якісне відтворення необхідної інформації на поверхні задрукованої продукції.

Для цієї задачі був створений програмний комплекс на мові C Sharp, який аналітично прораховує тип синусоїди та візуалізує майбутній результат за введеними значеннями (рис. 9).

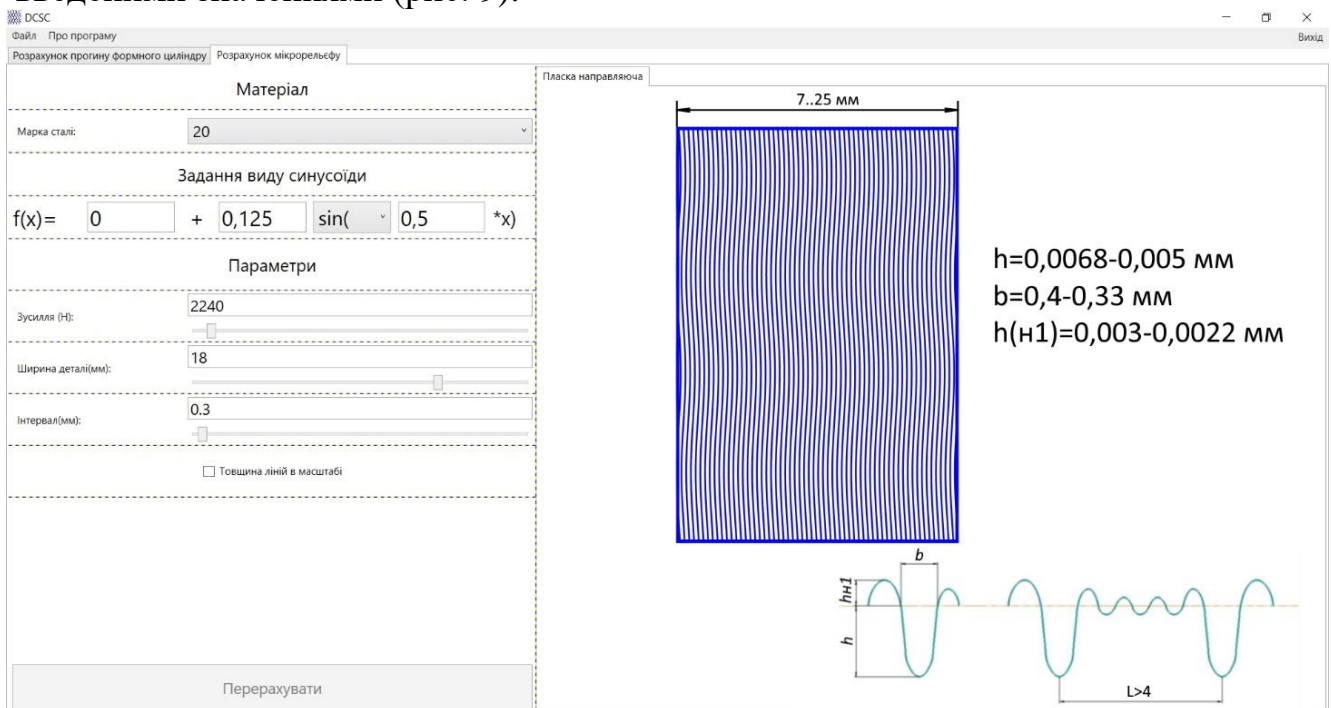


Рис.9. Програмний комплекс для візуалізації профілю мікрорельєфу для направляючих флексографічних аркушевих машин.

Залежно від вимог до твердості матеріала направляючих, собівартості механізмів подачі в якості матеріала виробів досліджувались: Ст20 (HRC 55..57), Ст20Х (HRC 58..60), Ст40 (HRC 60..63), Ст40Х (HRC 62..64), Ст65 (HRC 63..65), Ст65ХГ (HRC 65..67).

Технологічний процес утворення регулярного мікрорельєфу на плоских направляючих проводять в декілька проходів. В результаті першого проходу на поверхні крайніх направляючих утворюють прямолінійні мікронаправляючі (рис.10)

для вказаних вище матеріалів та відповідними параметрами. В результаті виконання першого проходу утворюють пласку мікронаправляючу шириною $b=0,4-0,33$ мм, глибиною $h=0,0068-0,005$ мм, з напливами $h_{н1}=0,003-0,0022$ мм (рис.12).

Описати утворення мікрорельєфу пропонуємо за допомогою функції:

$$y = d + \frac{1}{8} \sin \frac{1}{2} x,$$

де x, y – координати положення деформуючого інструмента;

d – величина зміщення від початкового положення.

На другому проході зусилля деформування зменшують і внутрішні напливи прямолінійною мікронаправляючої, крім двох крайніх, піддають пластичному деформуванню. Геометричні характеристики вказаних напливів мають параметри: $h_{н2}=0,0015-0,0012$ мм.

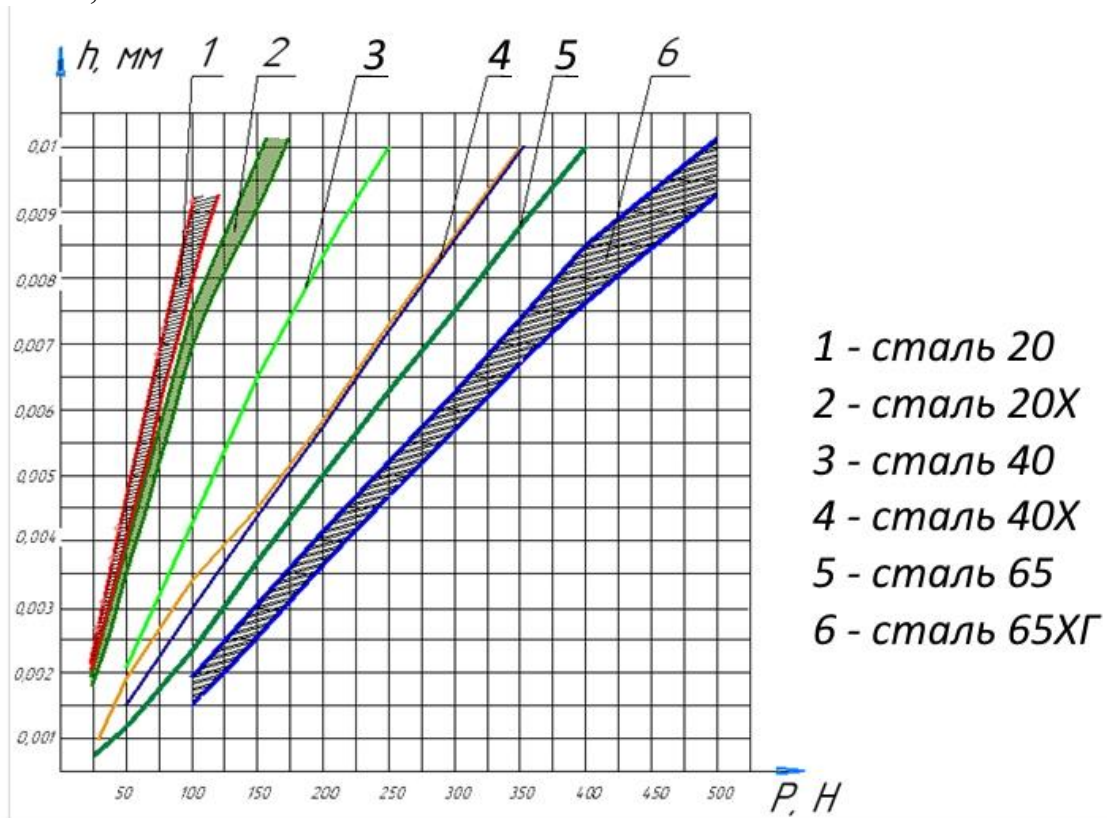


Рис.10. Залежність глибини мікрорельєфу від зусилля вдавлення при технологічній обробці поверхні направляючої.

Потім на внутрішній пласкій направляючій отримують синусоїдальну мікронаправляючу з параметрами $b=0,33-0,25$ мм, $h=0,002-0,0015$ мм, $h_{н}=0,001-0,0006$ мм (рис.11). Експериментально досліджено, що оптимальною площею мікронаправляючих для крайніх внутрішньої є величина $F=28..32\%$ від загальної площі кожної з них.

Для визначення зносостійкості направляючих проводились дослідження на знос методом порівняння вагових втрат за допомогою лабораторних аналітичних ваг. Погрішність зносу маси не більше $\pm 0,15$ мг. Результати досліджень показали, що зносостійкість крайніх та внутрішньої направляючих у порівнянні з шліфованими направляючими збільшується у 1,8-2,2 разів.

Одним із важливих механізмів у флексографічній машині є також механізм задання тиску з використанням конусних поверхонь. Особливістю цього механізму є періодичність контакту зовнішньої і внутрішньої конусних поверхонь. Згідно з технічними умовами для передачі зусилля кожна з контактуючих деталей повинна максимально щільно періодично прилягати одна до одної і в той же час точно позиціонуватись в заданій позиції. Нами запропонований технологічний процес, який складається з декількох технологічних операцій.

На першому технологічному етапі внутрішню конусну поверхню піддають поверхневому пластичному деформуванню (ППД) (рис. 11). Внаслідок ППД змінюються геометричні і фізико-механічні параметри поверхні і поверхневого шару. Мікрогеометрія поверхні набуває іншого значення: мікронерівності мають згладжену, закруглену форму. У зв'язку з великим радіусом закруглень вершин мікронерівностей збільшується і опорна площа поверхні.

В результаті ППД в приповерхневому шарі виникають стискуючі залишкові напружки, які підвищують експлуатаційні властивості виробу (час припрацювання, зносостійкість, щільність прилягання контактуючих поверхонь, корозійна стійкість і тощо).

На другому технологічному етапі для збільшення площі контакту і точності позиціонування конусних поверхонь і як наслідок покращення якісних показників кінематики друкарського апарата флексографічних аркушевих машин, а також якості друкованої продукції виконують дві технологічні операції. Під час першої операції на зовнішній конусній поверхні утворюють частково-регулярний мікрорельєф у вигляді синусоїди. Площа поверхні мікрорельєфної синусоїди знаходиться в межах 20-25% від площі конусної поверхні, яка відсічена.

Виходячи з конструктивної особливості конусної деталі синусоїдальну мікронаправляючу утворюють на відстані 3 мм від вершини конуса деталі. В результаті відсічена частина для утворення синусоїдальної направляючої має ~2мм. Твердість конусної деталі HRC 56..60 та 58..62.

Результати попередніх досліджень дозволяють вибрати зусилля деформування в діапазоні 100-120Н. В якості деформуючого інструмента обрано синтетичний алмазний індентор марки «карбонадо». Радіус сфери закруглення рекомендується 2,0..2,5 мм.

Результати проведених пробних досліджень сімплекс-методом дозволили задати зусилля вдавлювання $P=100\text{Н}$ при радіусі сфери інструмента $R=2\text{мм}$. При зазначених зусиллях інструмента на поверхні на поверхні деталі видавили/утворили

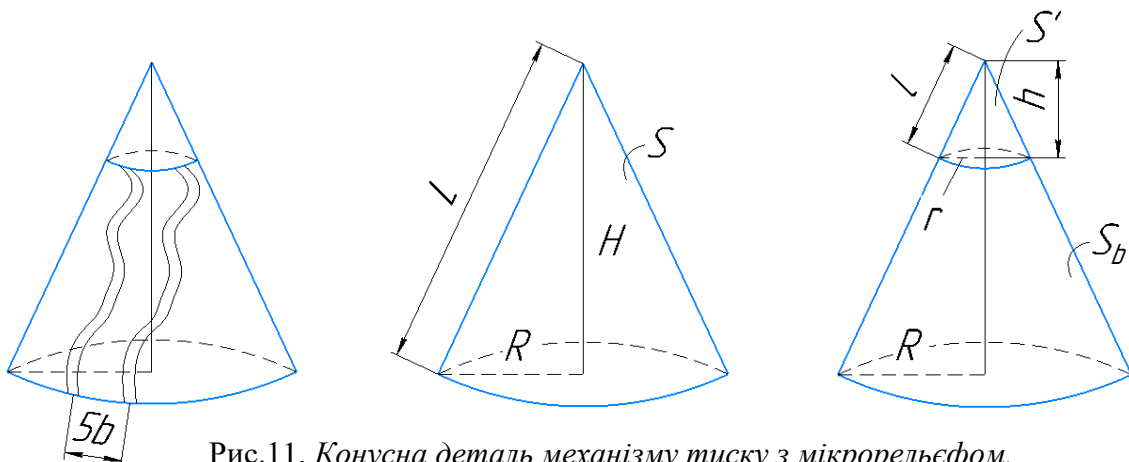


Рис.11. Конусна деталь механізму тиску з мікрорельєфом.

сінусоїдальну мікронаправляючу з параметрами: ширина канавки сінусоїди—0,2мм, глибина канавки сінусоїди—0,001мм, висота напливів канавки сінусоїди—0,0003мм.

На другій операції зовнішню конусну поверхню деталі (рис.11) піддають вигладжуванню при зусиллі вдавлювання $P=50\text{Н}$ і радіусі сфери інструмента $R=2,5\text{мм}$. В результаті запропонованої операції згладжуються напливи до величини 0,0002мм, тобто напливи знаходяться в межах шорсткості поверхні.

Площа арки сінусоїди:

$$S = 2b\sqrt{2E}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\pi}{2}\right),$$

де b – ширина канавки сінусоїди;

$E(k, t)$ – еліптичний інтеграл II роду.

Довжина дуги сінусоїди:

$$L_{sin} = \sqrt{2E}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, x_2\right) - \sqrt{2E}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, x_1\right), 0 \leq x_1 \leq x_2 \leq \frac{\pi}{2}$$

Довжина повної арки сінусоїди від 0 до π дорівнює:

$$L_{арк} = 2\sqrt{2E}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$$

Таким чином:

$$\frac{\pi R\sqrt{R^2 + H^2} - r\sqrt{r^2 - h^2}}{5} \leq 4b\sqrt{2E}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$$

Розрахунок площі контактуючої конусної поверхні (рис.11):

$$S = \pi RL = \pi R\sqrt{R^2 + H^2}$$

$$S' = \pi Rl = \pi r\sqrt{r^2 - h^2}$$

$$S_b = \pi(R\sqrt{R^2 + H^2} - r\sqrt{r^2 - h^2}) \leq 5S_{sin}$$

Довжина однієї сінусоїди до двох арок:

$$L'_{арк} = 4\sqrt{2E}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$$

Отримані експериментальні статистичні дані накладу 20 000 шт. задрукованих аркушів гофрокартону показали, що запропонований комплексний технологічний процес утворення мікрорельєфів на плоских направляючих та конусних деталях системи тиску суттєво підвищив якість друкованої продукції:

1. Точність позиціонування заготовок гофрокартону збільшилась на 33..37%.
2. Дефекти при друці, а саме несуміщення фарб зменшилось на 14..18%.
3. Плавність проходження заготовок зросла на 20%.
4. Збільшення швидкості друку за рахунок зменшення похибок позиціонування можливе на 5..10%.
5. Точність задання тиску в друкарській парі зросла на 12..17%.
6. Стабільність товщини шару фарби на задруковуваному матеріалі підвищилась на 16..22% в залежності від швидкості.
7. Час налагодження до друкарського процесу зменшується на 10%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання підвищення експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічних аркушевих машин. Отримано такі наукові та практичні результати:

1. Для керування якістю флексографічної продукції систематизовано вплив різних чинників: параметрів навколишнього середовища (вологості, температури, статичного навантаження та ін.), друкарського процесу, складників конструкції друкарського апарату, властивостей гофрокартону та флексографічних форм.

2. Розроблена поетапна схема деформації гофрованого картону та флексоформ залежно від тиску, що дозволяє визначити максимальні величини тиску для різних типів гофрованого картону та флексографічних форм, що уможливило класифікацію гофрованого картону залежно від його конструкції, а також флексографічних форм, і, в підсумку, стало підґрунтям для рекомендацій щодо вибору витратних матеріалів для флексографічного обладнання залежно від типу кінцевої продукції, що скорочує час на налагодження та отримання якісного відбитка.

3. Експериментально визначено здатність гофрованого картону до стискання для найбільш поширених типів гофрованого картону та встановлено, що деформації за умови $P=0,05\text{--}0,8$ МПа становлять 0,03–0,2 мм, а також має місце залишкова деформація в діапазоні 0,01–0,03 мм. Це дозволило цілеспрямовано розробити технологічні режими налаштувань друкарських апаратів флексографічних аркушевих машин.

4. Розроблено структурну схему флексографічних аркушевих друкарських машин та класифікацію друкарських апаратів флексографічних аркушевих машин з урахуванням технологічних параметрів, що дозволяє виявляти загальні ознаки, котрі можуть бути використані під час конструювання нових апаратів, а також під час аналізу та дослідження наявних.

5. На основі теоретико-експериментальних досліджень розроблено систему керування прогинами циліндрів залежно від їх геометричних параметрів, що в результаті забезпечує стабільність тиску по всій смужці контакту в друкарській парі, що в свою чергу сприяє стабільному перенесенню фарби по всій ширині друку на флексографічних аркушевих машинах: розроблено методику визначення прогинів циліндрів за їх геометричними параметрами та особливостями конструкції, реалізовану в програмному комплексі автоматизованого розрахунку прогинів задля цілеспрямованого корегування ними; експериментально досліджено прогини друкарського та формного циліндрів, що дозволяє стабілізувати величину фарбового шару, рівномірність його нанесення вздовж смужки контакту.

6. Проведено комплекс досліджень деформацій конструктивних елементів друкарського апарату (формного та друкарського циліндрів, підшипникових вузлів) за тиску в друкарській парі (формний та друкарський циліндри) в діапазоні $P_{\text{тех}} = 0,2\text{--}0,8$ МПа. Експериментально отримано допустимі прогини, що складають 0,0048–0,182 мм. При цьому встановлено, що у ненавантаженому стані прогин вісі формного циліндра складає 10 %, а друкарського – 1 % від максимально допустимих. Залежно від геометричних параметрів друкарського апарату, значення

найбільшого прогину варіюється в межах 0,021 мм до 0,17 мм (для формного) та 0,154 мм до 0,93 мм (для друкарського).

7. Розроблено конструкторсько-технологічні рекомендації щодо встановлення додаткових ламелей для забезпечення необхідної жорсткості формного та друкарського циліндрів, що дозволяє суттєво покращити якісні показники вихідної продукції.

8. Розроблено технологію нанесення мікрорельєфу на плоскі поверхні для забезпечення більш точного позиціювання заготовок гофрованого картону при проходженні через транспортувальну систему, а також на конусні поверхні – для більш точного спряження контактуючих поверхонь, що підвищують експлуатаційні характеристики цих деталей. За результатами дослідження створено програмний комплекс на мові C Sharp, який дозволяє аналітично обрахувати параметри синусоїдального мікрорельєфу та візуалізувати результат.

9. Аналіз показників якості задрукованої статистично значимої кількості аркушів накладу гофрокартону показав, що розроблений комплекс технологічного забезпечення параметрів якості задрукованої продукції, що включає утворення мікрорельєфу на плоских поверхнях транспортуючої системи аркушевої флексографічної машини методом поверхневого пластичного деформування та утворення мікрорельєфу за декілька проходів на конусоподібних деталях механізму задання тиску суттєво покращив перебіг технологічного процесу друкування: значно покращилася плавність руху і позиціювання гофрокартону під час його переміщення по направляючих флексографічного обладнання; збільшилася щільність періодичного контакту зовнішньої і внутрішньої конусних поверхонь та точність їх позиціювання (точність позиціювання заготовок гофрокартону збільшилась на 33–37 %; плавність проходження заготовок зросла на 20 %; збільшення швидкості друку за рахунок зменшення похибок позиціювання досягає 5–10 %; точність задання тиску в друкарському контакті зросла на 12–17 %). Як наслідок, суттєво зросла якість друкованої продукції: несуміщення фарб зменшилось на 14–18 %, стабільність товщини шару фарби на задрукованому матеріалі підвищилась на 16–22 % залежно від швидкості; час налагодження додрукарського процесу зменшується на 10 %.

10. Розроблений комплекс технологічного забезпечення параметрів якості й експлуатаційних властивостей задрукованої продукції з урахуванням впливу параметрів удосконаленого друкарського апарату, витратних матеріалів, навколишнього середовища та технічного стану обладнання на параметри флексографічної продукції дозволив суттєво підвищити її якість.

11. Матеріали досліджень впроваджено у виробництво і використовуються в навчальному процесі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. О. П. Шостачук // Дослідження фізико-механічних властивостей гофрованого картону та флексоформ при друці на флексографічних аркушевих друкарських машин, 2020, Польща, Збірник праць, Przegląd papierniczy, С. 217-224; Мова публікації: англійська. Видання Євросоюзу.

2. О. П. Шостачук // Підвищення експлуатаційних властивостей деталей флексографічних аркушевих машин, 2020, Болгарія, SWorldjournal, випуск 6, С. 37-48. Мова публікації: укр/англ. Видання Євросоюзу.
3. О. П. Шостачук // Особливості експлуатації пневматичних систем у флексографічних друкарських машинах // Чернігів, Журнал Технічні науки та технології, 2019, С.27-31. Мова публікації: українська (кат.А).
4. О. П. Шостачук, П.О.Киричок // Дослідження впливу технологічних експлуатаційних властивостей гофрованого картону на процес друку на флексографічних аркушевих друкарських машинах, 2020, Київ, Технологія і техніка друкарства. С. 41-55; Мова публікації: українська. (кат.Б) / *Автор провів аналіз експлуатаційних властивостей друкарського апарату, впливом фізико-механічних характеристик гофрованого картону на процес друку.*
5. О. П. Шостачук // Дослідження експлуатаційних властивостей гофрованого картону та флексографічної друкарської форми при друці на флексографічних аркушевих друкарських машинах, 2019, Київ, Технологія і техніка друкарства. С.44-49; Мова публікації: українська. (кат.Б).
6. О. П. Шостачук // Жорсткість підшипникових вузлів друкарського апарату флексографічних аркушевих друкарських машин //2020, Дніпро, Науковий вісник Національного гірничого університету, Scientific Bulletin of National Mining University, випуск 4, С. 79-84. Мова публікації: українська. (кат.Б)
7. О. П. Шостачук //Управління фарбоперенесенням у флексографічному друці шляхом налаштувань флексографічної друкарської машини // Журнал ПакЕкспо, 2019, С. 73–76.; Мова публікації:українська.
8. О. П. Шостачук // Управление переносом краски в флексографской печати путем подбора расходных материалов, Беларусь, 2019, Сборник трудов НБУ. С. 61-69; Мова публікації: російська. Видання країн СНД.
9. О. П. Шостачук // Жорсткість друкарського апарату флексографічних аркушевих друкарських машин, 2019, Київ, Збірник праць до міжнародної конференції , С. 21-24; Мова публікації: українська.
10. Шостачук О. П. Усунення дефектів флексографічної продукції, пов'язаних із фотополімерними друкарськими формами / О. П. Шостачук // XXV Міжнарод. наук.-практ. конф. з пробл. вид.-полігр. галузі : тези доп., Київ 16 листоп. 2017 р. – К. : УкрНДІСВД, 2017. – 152 с. – С. 145-147.; Мова публікації:українська.
11. Шостачук О. П. Управління якістю флексографічної продукції шляхом налаштувань друкарської секції / О. П. Шостачук // Тези доповідей 18-ї міжнародної науково-технічної конференції студентів і аспірантів «Друкарство молоде», Київ 18-19 квітня 2018 р. – К. : ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 260 с. – С. 130-131.; Мова публікації:українська.
12. Шостачук О. П. Фактори, які визначають якість флексографічної продукції // XXVI Міжнарод. наук.- практ. конф. з пробл. вид.-полігр. галузі : тези доп., Київ 25 квітня 2018 р. – К. : УкрНДІСВД, 2018.; Мова публікації:українська.
13. О. П. Шостачук / Актуальні задачі сучасних технологій : зб. робіт до міжнар. наук-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2018. – 232 с. – С. 176–177.; Мова публікації:українська.

14. О. П. Шостачук / Особливості підбору та експлуатації підшипників у флексографічній друкарській машині // Зб. праць УкрНДІСВД, кв. 2019 ; Мова публікації:українська.

АНОТАЦІЯ

Шостачук О.П. Підвищення експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічних аркушевих машин. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.01. – машини і процеси поліграфічного виробництва. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2021.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі машин та агрегатів поліграфічного виробництва Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Проаналізовано й узагальнено теоретичні напрацювання технологічного процесу друку на аркушевих флексографічних машинах, визначено фактори, що впливають на процес друку та на якість віддрукованої продукції, проведений аналіз взаємозв'язку між властивостями і параметрами компонентів технологічного процесу та якості проходження самого процесу друку, впродовж якого можуть виникати різноманітні дефекти.

Розглянуто техніко-експлуатаційні властивості, що характеризуються через придатність поліграфічного обладнання для його ефективного використання, визначення його технічного стану, ефективної експлуатації при затвердженій системі технічного обслуговування і ремонтів. Представлена схема техніко-експлуатаційних властивостей. В даній роботі розглядаються деякі функціональні показники першої групи, пов'язані насамперед з вимогами до жорсткості конструкції друкарського апарата. Крім того проводиться систематизація факторів впливу функціональних характеристик та параметрів друкарського апарата на типові явища, що виникають в процесі друку.

Дослідження показали, що недостатня жорсткість механічних систем призводить до порушення взаємодії їх механізмів. Це супроводжується порушенням умов нормального перебігу технологічних процесів та викликає знос рухомих з'єднань. Під дією зусилля тиску всі елементи друкарського апарата в друкарських машинах деформуються. Це зменшує деформацію форми для забезпечення необхідного технологічного тиску, а також призводить до перепаду тисків вздовж довжини відбитка.

Аналізуючи фактори, що впливають на якість друку, було визначено, що жорсткість друкарського апарата одна з найважливіших характеристик. Прогин циліндрів призводить до необхідності збільшення тиску на еластичну флексографічну друкарську форму для забезпечення її робочої деформації. Це зумовлює погіршення якості друку і виникненню таких дефектів, як розтискування, розмитість контурів, деформації гофрованого картону. Для визначення прогину геометричної осі циліндра, була розрахована формула, що максимально точно дає змогу визначити прогини аналітичним способом. Також розглянуто типові дефекти, оскільки друк на гофрованому картоні має чимало особливостей, які зумовлені відповідністю вимог до якості і складовими технологічного процесу, а

також конструкцією і технічним станом друкарського апарата. Проведено експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей гофрованого картону та флексографічних друкарських форм в процесі друку на аркушевих флексографічних машинах.

Розроблена поетапна схема деформації гофрованого картону та флексоформ в залежності від тиску, що дозволяє визначити максимальні величини тиску для різних типів гофрованого картону та флексографічних форм. За результатами досліджень класифіковано гофрований картон в залежності від його конструкції.

Ключові слова: поліграфічне обладнання, друкарський апарат, гофрований картон, флексографічна друкарська форма, прогин циліндрів, мікрорельєф.

АННОТАЦИЯ

Шостачук А.П. *Повышение эксплуатационных свойств печатного аппарата флексографских листовых машин.* - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.01. – Машины и процессы полиграфического производства. – Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского”, Киев, 2021.

Диссертационная работа проводилась на кафедре машин и агрегатов полиграфического производства Издательско-полиграфического института Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Проанализированы и обобщены теоретические наработки технологического процесса печати на листовых флексографских машинах, определены факторы, влияющие на процесс печати и на качество отпечатанной продукции, проведен анализ взаимосвязи между свойствами и параметрами компонентов технологического процесса и качества прохождения самого процесса печати, в течение которого могут возникать различные дефекты.

Рассмотрены технико-эксплуатационные свойства, характеризующихся через пригодность полиграфического оборудования для его эффективного использования, определения его технического состояния, эффективной эксплуатации при утвержденной системе технического обслуживания и ремонтов. Представленная схема технико-эксплуатационных свойств, проводится систематизация факторов влияния функциональных характеристик и параметров печатного аппарата на типичные явления, возникающие в процессе печати.

Анализируя факторы, влияющие на качество печати, было определено, что жесткость печатного аппарата одна из важнейших характеристик. Прогиб цилиндров приводит к необходимости увеличения давления на эластичную флексографическую печатную форму для обеспечения ее рабочей деформации. Это приводит к ухудшению качества печати и возникновению таких дефектов, как растискивание, размытость контуров, деформации гофрированного картона. Для определения прогиба геометрической оси цилиндра, была рассчитана формула, максимально точно позволяет определить прогибы аналитическим способом.

Разработана поэтапная схема деформации гофрированного картона и флексоформ в зависимости от давления, позволяет определить максимальные величины давления для различных типов гофрированного картона и

флексографских форм. По результатам исследований классифицированы гофрированный картон в зависимости от его конструкции.

Ключевые слова: полиграфическое оборудование, печатный аппарат, гофрированный картон, флексографская печатная форма, прогиб цилиндров, микрорельеф.

ANNOTATION

Shostachuk O.P. *Improving the performance of the printing unit of flexographic sheet-fed machines.* - On the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.05.01. - Machines and processes of printing production.- National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2021.

The dissertation was performed at the Department of Machines and Units of Printing Production of the Publishing and Printing Institute of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, under the guidance of Doctor of Technical Sciences, Professor Kirichko P.A.

The work is the result of independent research by Shostachuk O.P., provided by the chosen topic. In the course of research, the author for the first time substantiated and developed a method for determining the stiffness of the printing apparatus, namely the deformation of printing and forming cylinders, investigated the physical and mechanical properties of corrugated cardboard and flexographic forms. Theoretical developments of technological process of printing on sheet flexographic machines are analyzed and generalized, the factors influencing printing process and quality of printed production are defined, the analysis of interrelation between properties and parameters of components of technological process and quality of passing of printing process during which can arise various defects.

The printing equipment, its specifics and features are analyzed and presented. The main components of flexographic printing machines for corrugated cardboard were identified and systematized, and on the basis of the obtained data a method was chosen for further analysis of the designs of sheet flexographic equipment. The technical and operational properties characterized by the suitability of printing equipment for its effective use, determination of its technical condition, efficient operation with the approved system of maintenance and repairs are considered.

Analyzing the factors influencing the quality of printing, it was determined that the rigidity of the printing apparatus is one of the most important characteristics. The deflection of the cylinders leads to the need to increase the pressure on the elastic flexographic printing plate to ensure its working deformation. This causes a deterioration in print quality and the appearance of such defects as compression, blurred contours, deformation of corrugated cardboard.

To determine the deflection of the geometric axis of the cylinder, a formula was calculated that allows the most accurate determination of deflections in an analytical way. Also typical defects as the press on a corrugated cardboard has many features which are caused by conformity of requirements to quality and components of technological process, and also a design and a technical condition of the printing device. Researches in the conditions of production process on test forms with special elements are carried out.

Experimental studies of the physical and mechanical properties of corrugated cardboard and flexographic printing plates in the process of printing on sheet flexographic machines were carried out. The essence of the method is to apply a destructive force during compression. Tables of values were compiled for each sample, which allowed to qualitatively and quantitatively assess the deformations, the factors influencing their physical and mechanical properties under planar compression were determined, indicators, dependences of deformation values on applied loads were investigated. To control the quality of flexographic products, the influence of environmental parameters (humidity, temperature, static load, etc.), the printing process itself and the technical condition of the printing apparatus is systematized.

A step-by-step scheme of deformation of corrugated cardboard and flexoforms depending on pressure is developed, which allows to determine the maximum pressure values for different types of corrugated cardboard and flexographic forms. According to the results of the research, corrugated cardboard is classified depending on its construction.

Keywords: printing equipment, print unit, corrugated board, flexo-print form, deflection of cylinders, microhardness.